



Фізичні основи лазерних технологій

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>III курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS (120 годин), лекції – 36 годин, практичні – 18 годин, лабораторні - 18 годин, СРС – 48 годин.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / МКР, РГР</i>
Розклад занять	https://Rozklad.kpi.ua
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: ст.. викл. Козирев Олексій Сергійович,</i> kozyriev.oleksii@lil.kpi.ua <i>Практичні: ст.. викл. Козирев Олексій Сергійович,</i> kozyriev.oleksii@lil.kpi.ua <i>Лабораторні: ст.. викл. Козирев Олексій Сергійович,</i> kozyriev.oleksii@lil.kpi.ua
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/u/1/c/Mjc3Mzl0MjE3MzgZ

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Лазерні технології базуються на комплексі взаємопов'язаних фізичних явищ, таких як поглинання випромінювання, формування джерела теплоти, нагрівання, плавлення, випаровування, рух розплавленого металу під дією зворотного тиску металевих парів або технологічного газу, взаємодія продуктів руйнування з променем і вплив такої взаємодії на кінцеві результати лазерної обробки, іонізація та оптичний пробій, тощо. Саме розуміння таких явищ, здатність описати їх кількісно, дозволяє як опанувати різноманітні лазерні технології, так і розробляти нові. Тому знання фізичних основ лазерних технологій необхідне для повноцінної інженерної освіти з лазерної техніки та фізико-технічних технологій.

Навчальна дисципліна належить до вибірових навчальних дисциплін циклу професійної підготовки освітньої програми першого рівня вищої освіти – бакалавра з прикладної механіки.

Предмет дисципліни: фізичні явища, на яких базуються лазерні технологічні процеси, їх кількісний опис.

Метою навчальної дисципліни є підсилення у студентів компетентностей, передбачених ОПП «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. а саме:

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (ФК)	
ФК 1	Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки
ФК 12	Здатність оцінювати та контролювати параметри концентрованих джерел енергії під час генерації та при взаємодії випромінювання з речовинами та розробляти рішення для забезпечення їх стабільності
ФК 13	Здатність застосовувати фундаментальні наукові факти, концепції, теорії, принципи щодо характеру та особливостей фізичних процесів при взаємодії концентрованого випромінювання з речовиною, оцінювати коефіцієнт поглинання, знаходити способи його підвищення
ФК 14	Здатність використовувати знання в галузі фізико-хімічних, термодформаційних та металургійних процесів для обґрунтованого призначення способів і технологічних параметрів зварювання і споріднених процесів
ФК 15	Здатність використовувати знання в галузі фундаментальних наук для вирішення технічних задач зі зварювання та споріднених технологій

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння кредитного модулю мають продемонструвати такі **програмні результати навчання**:

Програмні результати навчання	
РН 1	Вибирати та застосовувати для розв’язання задач прикладної механіки придатні математичні методи
РН 2	Використовувати знання теоретичних основ механіки рідин і газів, теплотехніки та електротехніки для вирішення професійних завдань
РН 9	Знати та розуміти суміжні галузі (механіку рідин і газів, теплотехніку, електротехніку, електроніку) і вміти виявляти міждисциплінарні зв’язки прикладної механіки на рівні, необхідному для виконання інших вимог освітньої програми
РН 19	Розраховувати, оцінювати та вимірювати енергетичні, часові та просторові параметри впливу лазерного випромінювання та концентрованих потоків енергії на речовину для здійснення технологічних операцій
РН 20	Знати і розуміти фізичні, теплові, термомеханічні та фізико-хімічні процеси при зварюванні та споріднених технологіях, причинно-наслідкові зв’язки між характером цих процесів та умовами отримання нерознімних з’єднань або функціональних поверхонь

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна базується на освітніх компонентах першого (бакалаврського) рівня вищої освіти інженерно-технічних спеціальностей. Для успішного засвоєння матеріалу освітнього компоненту необхідні знання, які одержуються студентом у попередніх курсах: «Вища математика», «Загальна фізика» та «Фізика взаємодії концентрованих потоків енергії з речовиною».

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Основні характеристики фізичних процесів під час лазерної обробки

Розділ 1. Теплові ефекти в конденсованому середовищі

Тема 1.1 Теплові ефекти твердого стану

Тема 1.2 Фазові переходи у твердому стані

Розділ 2. Лазерне плавлення

Тема 2.1 Особливості лазерного плавлення

Тема 2.2 Характерні форми ванни розплаву та умови їх виникнення

Розділ 3. Руйнування матеріалів під дією лазерного випромінювання

Тема 3.1 Особливості руйнування матеріалів під дією лазерного випромінювання

Тема 3.2 Кінетика випаровування плоскої поверхні

Тема 3.3 Теплофізика переходу від нагріву до випаровування

Тема 3.4 Задача про лазерне нагрівання з випаровуванням

Тема 3.5 Витіснення розплаву надлишковим тиском парів

Тема 3.6 Існуючі теоретичні моделі процесів лазерної розмірної обробки

Тема 3.7 Тепловий механізм руйнування

Тема 3.8 Феноменологічна модель руйнування

Розділ 4. Фізичні особливості лазерної різки матеріалів

Тема 4.1 Загальні характеристики лазерного різання матеріалів

Тема 4.2 Характеристики лазерного різання металів безперервним випромінюванням

Тема 4.3 Характеристики лазерного різання металів імпульсно-періодичним випромінюванням

Тема 4.4 Лазерне різання неметалевих матеріалів

Розділ 5. Технологічні характеристики ГЛР різних металів

Тема 5.1 Групи металів

Тема 5.2 Якість різання різних металів

Тема 5.3 Вплив енергетичних параметрів на розмірні характеристики різку

Тема 5.4 Вплив оптичних параметрів на розмірні характеристики різку

Тема 5.5 Вплив газодинамічних параметрів на розмірні характеристики різку

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Черненко В. С., Ківдрачук М. В., Дудка О. І. Променеві методи обробки: Навч. посібник. — К.: Кондор, 2004. — 166 с. — ISBN 966-7982-70-X
https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000225461&local_base=KPI01
2. Гаращук, В. П. Практичні основи фізики лазерів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю «Прикладна механіка» / В. П. Гаращук, О. Д. Кагляк, О. О. Гончарук ; НТУУ «КПІ». — Електронні текстові дані (1 файл: 1,39 Мбайт). — Київ : НТУУ «КПІ», 2015. — 116 с.
<https://ela.kpi.ua/items/99991ba8-cee2-494a-9b4d-a02ef2fe3711>
3. Лазерні технології. Конспект лекцій. Укладач: Г.С. Тимчик. Київ. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/23410748-deb0-49e1-91d4-cbfa4503eec8/>

Додаткова література

1. Яковлев Є.Б., Шандибіна Г.Д. Взаємодія лазерного випромінювання із речовиною (силова оптика). НДУ ІТМО, 2011.
2. Котляров В.П. Технологія лазерної обробки (операції розмірної обробки). Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, - 2010. — 308с.
3. Фізика взаємодії концентрованих потоків енергії з речовиною – 2. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів до вивчення кредитного модуля для студентів спеціалізації «Лазерна техніка та комп'ютеризовані процеси фізико-технічної обробки» спеціальності 131 Прикладна механіка. Уклад. В.В. Романенко, О.С. Козирев, – К.: НТУУ «КПІ», 2017. — 13 с.

Інформаційні ресурси

1. ltft.kpi.ua (сайт кафедри ЛТФТ)
2. campus.kpi.ua (сайт КАМПУС'у)
3. library.ntu-kpi.kiev.ua (сайт науково – технічної бібліотеки КПІ ім. Ігоря Сікорського)
4. [Google Classroom: https://classroom.google.com/u/1/c/Mjc3Mzl0MjE3MzgZ](https://classroom.google.com/u/1/c/Mjc3Mzl0MjE3MzgZ)

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальний матеріал освітнього компоненту викладається на заняттях згідно зі наступною структурою (табл. 1).

Табл. 1. Структура викладання освітнього компоненту

Назви розділів та тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			СРС
		Лекції	Практ. заняття	Лаб. роб.	
Вступ					
Основні характеристики фізичних процесів під час лазерної обробки	1	1			
Розділ 1. Теплові ефекти в конденсованому середовищі					
Тема 1.1 Теплові ефекти твердого стану	1	1			
Тема 1.2 Фазові переходи у твердому стані	2	2	2		2
Разом за розділом 1	4	4	2	0	2

Розділ 2. Лазерне плавлення					
Тема 2.1 Особливості лазерного плавлення	3	1	2		
Тема 2.2 Характерні форми ванни розплаву та умови їх виникнення	3	1			2
Разом за розділом 2	6	2	2	0	2
Розділ 3. Руйнування матеріалів під дією лазерного випромінювання					
Тема 3.1 Особливості руйнування матеріалів під дією лазерного випромінювання	1	1			
Тема 3.2 Кінетика випаровування плоскої поверхні	1	1			
Тема 3.3 Теплофізика переходу від нагріву до випаровування	1	1			
Тема 3.4 Задача про лазерне нагрівання з випаровуванням	2	2			
Тема 3.5 Витіснення розплаву надлишковим тиском парів	2	2			
Тема 3.6 Існуючі теоретичні моделі процесів лазерної розмірної обробки	1	1			
Тема 3.7 Тепловий механізм руйнування	7	1	2	2	2
Тема 3.8 Феноменологічна модель руйнування	9	1	4	2	2
Разом за розділом 3	24	10	6	4	4
Модульна КР - 1	6		2		4
Розділ 4. Фізичні особливості лазерної різки матеріалів	0				
Тема 4.1 Загальні характеристики лазерного різання матеріалів	2	2			
Тема 4.2 Характеристики лазерного різання металів безперервним випромінюванням	8	2	2	4	
Тема 4.3 Характеристики лазерного різання металів імпульсно-періодичним випромінюванням	8	2	2	4	
Тема 4.4 Лазерне різання неметалевих матеріалів	8	2		2	4
Разом за розділом 4	26	8	4	10	4
Розділ 5. Технологічні характеристики ГЛР різних металів					
Тема 5.1 Групи металів	2	2			
Тема 5.2 Якість різання різних металів	2	2			
Тема 5.3 Вплив енергетичних параметрів на розмірні характеристики різку	4	2		2	
Тема 5.4 Вплив оптичних параметрів на розмірні характеристики різку	4	2		2	
Тема 5.5 Вплив газодинамічних параметрів на розмірні характеристики різку	2	2			
Разом за розділом 5	14	10	0	4	0
Модульна КР - 2	6		2		4
РГР	16				16
Залік	14	2			12
Всього годин	120	36	18	18	48

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Основні характеристики фізичних процесів під час лазерної обробки. Теплові ефекти твердого стану Література: основна – [1,2]; додаткова –[1,2].
2	Фазові переходи у твердому стані Завдання на СРС: Фазові переходи I і II роду: ключові характеристики та відмінності. Поліморфні перетворення. Література: основна – [1,2]; додаткова –[1,2].
3	Особливості лазерного плавлення. Характерні форми ванни розплаву та умови їх виникнення Завдання на СРС: Суть режиму глибокого проплавлення. Парогазовий каналі його роль у формуванні зварного шва Література: основна – [1,2]; додаткова –[1,2].
4	Особливості руйнування матеріалів під дією лазерного випромінювання. Кінетика випаровування плоскої поверхні Література: основна – [1,2]; додаткова –[1,2].
5	Теплофізика переходу від нагріву до випаровування. Задача про лазерне нагрівання з випаровуванням Література: основна – [1,2]; додаткова –[1,2].
6	Задача про лазерне нагрівання з випаровуванням. Витіснення розплаву надлишковим тиском парів Література: основна – [1,2]; додаткова –[1,2].
7	Витіснення розплаву надлишковим тиском парів. Існуючі теоретичні моделі процесів лазерної розмірної обробки Література: основна – [1,2]; додаткова –[1,2].
8	Тепловий механізм руйнування. Феноменологічна модель руйнування Завдання на СРС: Які фізичні явища ігнорують моделі? Чому? Література: основна – [1,2]; додаткова –[1,2].
9	Загальні характеристики лазерного різання матеріалів Література: основна – [3]; додаткова –[1,3].
10-11	Характеристики лазерного різання металів безперервним випромінюванням Література: основна – [3]; додаткова –[1,3].
12	Характеристики лазерного різання металів імпульсно-періодичним випромінюванням Література: основна – [3]; додаткова –[1,3].
13	Лазерне різання неметалевих матеріалів Завдання на СРС: Взаємодія лазерного випромінювання з неметалевими матеріалами (дерево, пластик, скло). Переваги та обмеження лазерного різання у порівнянні з традиційними методами (механічне різання, водоструминне). Спеціальні умови для різання скла чи кераміки. Література: основна – [3]; додаткова –[1,3].
14	Технологічні характеристики ГЛР різних металів. Групи металів Література: основна – [3]; додаткова –[1,3].
15	Якість різання різних металів Література: основна – [3]; додаткова –[1,3].
16	Вплив енергетичних параметрів на розмірні характеристики різіу Література: основна – [3]; додаткова –[1,3].
17	Вплив оптичних та газодинамічних параметрів на розмірні характеристики різіу Література: основна – [3]; додаткова –[1,3].
18	Залікова контрольна робота

Практичні заняття

Цикл практичних занять має ціллю закріплення головних тем освітнього компоненту, які засвоєно теоретично. Оскільки предметом дисципліни є фізичні процеси, які мають місце при застосуванні лазерних технологій та їх кількісний опис, основними завданнями циклу практичних занять є засвоєння конкретних питань, отримання навичок та умінь у фізичних та інженерних розрахунках.

№ з/п	Назва теми заняття	Кількість ауд. годин
1	Фазові переходи у твердому стані. Завдання на СРС: Фазові переходи I і II роду: ключові характеристики та відмінності. Поліморфні перетворення.	2
2	Особливості лазерного плавлення Завдання на СРС: Суть режиму глибокого проплавлення. Парогазовий каналі його роль у формуванні зварного шва	2
3	Тепловий механізм руйнування Завдання на СРС: Різниця між тепловим і нетепловими механізмами руйнування	2
4	Феноменологічна модель руйнування Завдання на СРС: переваги та недоліки уявлень про схему світлового конусу і моделі, що на ній побудована	4
5	Модульна КР - 1	2
6	Лазерне різання металів безперервним випромінюванням	2
7	Лазерне різання металів імпульсно-періодичним випромінюванням	2
8	Модульна КР – 2	2

Лабораторні заняття

Цикл лабораторних робіт має ціллю практичного закріплення головних тем освітнього компоненту, які вивчено теоретично.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Керування енергетичними параметрами лазера. ККД лазера Ціль роботи: Вивчити склад та устрій електричної частини ЛТУ; ознайомитися з етапами перетворення енергії в ЛТУ та з методами вимірювання енергетичних параметрів лазерного випромінювання; зняти електричні характеристики ЛТУ в залежності від параметрів накачки; визначити ККД лазера при різних режимах його роботи.	2
2	Вивчення часових параметрів лазерного випромінювання Ціль роботи: Вивчити методи та набути навичок вимірення часових параметрів лазерного випромінювання; визначити залежність часових параметрів від параметрів електричного ланцюга; визначити особливості постановки та рішення задач нагріву лазерним випромінювання для визначення діапазонів різних технологічних операцій.	2
3	Взаємодія імпульсного лазерного випромінювання з металевими сплавами. Вимірювання температуропровідності матеріалу. Ціль роботи: Ознайомитися з постановкою та рішенням задач теплопровідності для плаского зразка та імпульсного лазерного випромінювання; отримати досвіду роботі з імпульсною лазерною установкою та апаратурою, що реєструє; виміряти температуропровідність різних сплавів за допомогою лазерного імпульсного випромінювання.	2

4	Тепловий механізм руйнування. Феноменологічна модель руйнування Ціль роботи: Ознайомитися з аналітичними залежностями результатів лазерної розмірної обробки від керованих параметрів процесу; виконати перевірочний розрахунок режимів обробки отворів по аналітичним моделям; провести обробку отворів; оцінити відповідність результатів.	6
5	Лазерне різання металів безперервним випромінюванням Ціль роботи: Ознайомитися з аналітичними залежностями результатів лазерного різання металів безперервним випромінюванням від керованих параметрів процесу; виконати перевірочний розрахунок режимів лазерного різання; провести досліді та оцінити відповідність результатів.	2
6	Лазерне різання металів імпульсно-періодичним випромінюванням Ціль роботи: Ознайомитися з аналітичними залежностями результатів лазерного різання металів імпульсно-періодичним випромінюванням від керованих параметрів процесу; виконати перевірочний розрахунок режимів лазерного різання; провести досліді та оцінити відповідність результатів.	2
7	Лазерне різання неметалевих матеріалів Ціль роботи: Ознайомитися зі способами лазерного різання неметалевих матеріалів та прийомами, які застосовуються для різання різних типів матеріалів.	2

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота (57 год) студента полягає у підготовці до лекційних (15 год.), практичних (15 год.) і лабораторних занять (9 год.) шляхом опрацювання рекомендованої літератури, виконання розрахунково-графічної роботи (10 год), підготовці до модульних контрольних робіт (2 год), підготовці відповідей на контрольні запитання для лекцій і лабораторних занять, а також у підготовці до заліку (6 год.).

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу	Кількість годин СРС
1	Фазові переходи у твердому стані Завдання на СРС: В чому відмінність переходів у металевих та неметалевих сплавах? Література: основна – [1,2]; додаткова –[1,2].	2
2	Особливості лазерного плавлення. Характерні форми ванни розплаву та умови їх виникнення Завдання на СРС: Оптимальні умови існування ванни розплаву. Існуючі моделі «глибокого проплавлення» Література: основна – [1,2]; додаткова –[1,2].	2
3	Тепловий механізм руйнування. Феноменологічна модель руйнування Завдання на СРС: Які фізичні явища ігнорують моделі? Чому? Література: основна – [1,2]; додаткова –[1,2].	4
4	Лазерне різання неметалевих матеріалів Завдання на СРС: Які групи неметалевих матеріалів піддаються лазерному розкрою? В чому полягають основні проблеми при лазерному різанні таких матеріалів? Література: основна – [3]; додаткова –[1,3].	4

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Згідно Положення про організацію освітнього процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського, студенти мають право на вільне відвідування лекційних занять (з дозволу директора інституту) на третьому і наступних курсах у випадку, коли середній бал не менше 4,0 (нормований інтегральний рейтинг студента не менше 80%).

Правила поведінки на заняттях

Активність студентів на лекційних, практичних та лабораторних заняттях всіляко заохочується. Проведення занять базується на засадах доброзичливого партнерства задля досягнення мети вивчення дисципліни. Разом з тим, проведення занять має відповідати Дисциплінарним правилам, які діють в КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Правила захисту лабораторних робіт

Після представлення готового протоколу лабораторної роботи, який має містити всі необхідні компоненти (тема, ціль роботи, короткі теоретичні відомості, методи та результати вимірювання та обробки результатів, графічні ілюстрації, висновок) студент (або група студентів, якщо таке передбачено) надають пояснення, яким чином було досягнуто ціль роботи і відповідають на додаткові запитання, якщо в них виникне потреба.

Правила захисту індивідуальних завдань

Робочий навчальний план передбачає виконання розрахунково-графічної роботи, завдання на яку індивідуальне для кожного студента. Після представлення оформленої роботи з усіма необхідними розрахунками, РГР оцінюється за критерієм правильності отриманих результатів.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

Заохочувальні та штрафні бали не передбачені.

Політика дедлайнів та перескладань

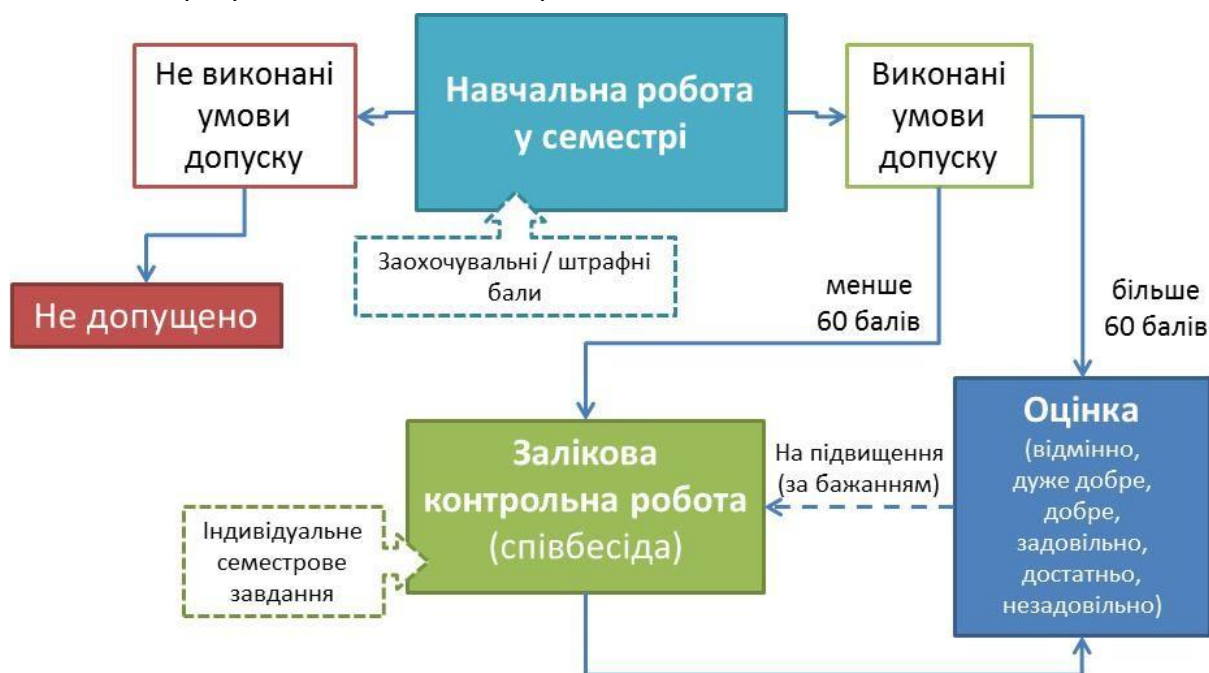
Дана політика регулюється Положенням про організацію освітнього процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського, Положенням про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, Положенням про апеляції в КПІ ім. Ігоря Сікорського та багатьма іншими документами.

Політика щодо академічної доброчесності

Академічна недоброчесність неприпустима. Система індивідуальних завдань на лабораторні та РГР дозволяє максимально уникнути списування, а унікальність завдань дозволяє уникнути плагіату.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Оцінювання результатів навчання відбувається за схемою:



Контрольні заходи:

1. Поточний контроль: виконання практичних та лабораторних робіт, виконання РГР, МКР.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: залік.

Таблиця видів контролю та максимальної кількості балів за них.

Вид контролю	Кількість	Максимальна кількість балів на 1	Максимальна кількість балів
Виконання практичних робіт	6	1	6
Виконання лабораторних робіт	7	3	21
Виконання РГР	1	37	37
МКР	1	36	36
Всього			100

Оцінювання лабораторних робіт:

Критерії	Бали
до виконаної роботи немає зауважень, протокол роботи оформлений правильно і поданий на захист вчасно, надані правильні відповіді під час захисту, або наявність не більше одного з критеріїв: - є не принципові зауваження до виконаної роботи, - є зауваження до оформлення протоколу роботи, - протокол роботи поданий на захист не вчасно, - надані відповіді з помилками під час захисту	3
наявність двох і більше з критеріїв: - є не принципові зауваження до виконаної роботи, - є зауваження до оформлення протоколу роботи, - протокол роботи поданий на захист не вчасно, - надані відповіді з помилками під час захисту	2

наявність одного або більше з критеріїв: - є принципові зауваження до виконаної роботи (відсутність на самій роботі і робота не відпрацьована в інший час), - відсутній належним чином оформлений протокол роботи, - не дані відповіді (дані неправильні) під час захисту	робота не здана
--	-----------------

РГР складається з п'яти індивідуальних завдань, які в залежності від складності оцінюються від 5 балів (завдання 1) до 8 балів (завдання 2 – 5).

Оцінювання РГР:

Критерії	Бали Завдання 1	Бали Завдань 2-5
завдання вирішене повністю, з використанням вірної методики, відсутні помилки в одиницях вимірювання, отримано правильну відповідь	5	8
наявність одного з критеріїв: - є не принципові зауваження до виконання завдання - присутні технічні помилки, які не вплинули на результат - не повністю наведена методика розв'язання завдання - завдання виконано не вчасно		7
наявність двох з критеріїв: - є не принципові зауваження до виконання завдання - присутні технічні помилки, які не вплинули на результат - не повністю наведена методика розв'язання завдання - завдання виконано не вчасно	4	6
наявність трьох і більше з критеріїв: - є не принципові зауваження до виконання завдання - присутні технічні помилки, які не вплинули на результат - не повністю наведена методика розв'язання завдання - завдання виконано не вчасно	3	5
наявність одного або більше з критеріїв: - є принципові зауваження до виконаних розрахунків (помилки з одиницями вимірювання, грубі математичні помилки тощо) - використання невірної методики призвело до не правильного результату розрахунків - принципові етапи розрахунків не вказано в рішенні	робота не здана	робота не здана

МКР поділена на 2 частини та відбувається у вигляді проходження тестів. Перша частина МКР складається з 33 питань, які в залежності від складності оцінюються від 1 до 2 балів. Максимальна кількість балів за першу частину МКР – 57 балів. Друга частина МКР складається з 22 питань, які в залежності від складності оцінюються від 1 до 2 балів. Максимальна кількість балів за другу частину МКР – 43 бали. Максимально можлива оцінка за всі 2 частини – 100 балів. Потім бали за МКР переводяться в рейтингові бали з коефіцієнтом 0,36 і округленням до більшого цілого.

Календарний контроль проводиться двічі на семестр 7 та 13 тижні навчання. Умовою позитивної оцінки під календарного контролю є наявність у здобувачів балів сумарно більше 50% від максимально можливої на момент проведення контролю.

Умовою допуску до заліку є виконання всіх лабораторних робіт, здані 2 частини МКР, здана РГР.

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді співбесіди за темами, з якими здобувач мав проблеми протягом семестру. На співбесіді здобувачу пропонується відповісти на декілька (в залежності від кількості «проблемних» тем) запитань, які раніше зустрічалися на МКР, і які відповідним чином оцінюються. Отримані на співбесіді бали додаються до тих, що були отримані протягом семестру.

Якщо сумарна кількість отриманих таким чином балів менше 60, то залік вважається не зданим (незадовільно). Для перескладання заліку є дві додаткові спроби.

Отриманні слухачем рейтингові бали переводять в університетські оцінки за шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

На початку семестру студентам видається перелік завдань до СРС, вимоги до виконання РГР, строки її виконання, правила оформлення, критерії рейтингового оцінювання.

Бали за рейтинговою системою проставляються у Кампусі в розділі Поточний контроль, результати атестації в розділі Атестація. Залікова відомість створюється і заповнюється в Кампусі, доступ до неї існує упродовж дня заліку (у відповідності до «Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» – на останньому за розкладом занятті). Виправлення та перездача наступного дня не допускаються.

При вивченні даної дисципліни використовуються навчальні посібники, друковані і електронні підручники, які розміщені в Google Classroom (див. розділ «Реквізити навчальної дисципліни» цього Силабусу).

Спілкування з викладачем через Telegram, WhatsApp та Viber, електронну пошту.

Перелік тем, що виносяться на семестровий контроль, зразки питань для МКР та завдань на РГР наведено в Додатках.

Результати навчання за даною дисципліною здобуті у неформальній/інформальній освіті, зокрема із використанням відкритих навчальних он-лайн курсів (Prometeus, Coursera тощо), визнаються за умови одержання відповідних сертифікатів. При цьому може бути перезарахований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (змістовні модулі, окремі теми, окремі практичні заняття). Можливість перезарахування (відповідність змісту дисципліни) та обсяг навчальних годин визначається викладачем для кожного конкретного випадку і здійснюється за процедурою, яка відповідає "Положенню про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті".

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено ст. викл. Козирев О.С.

Ухвалено кафедрою лазерної техніки та фізико-технічних технологій
(протокол № 3 від 08.10.2025 р.)

Погоджено Методичною комісією Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона
(протокол № 2 від 16.10.2025 р.)

Приблизний перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

1. Теплові ефекти в конденсованому середовищі
2. Теплові ефекти твердого стану
3. Фазові переходи у твердому стані
4. Лазерне плавлення
5. Особливості лазерного плавлення
6. Характерні форми ванни розплаву та умови їх виникнення
7. Руйнування матеріалів під дією лазерного випромінювання
8. Особливості руйнування матеріалів під дією лазерного випромінювання
9. Кінетика випаровування плоскої поверхні
10. Теплофізика переходу від нагріву до випаровування
11. Випаровування під дією лазерного випромінювання.
12. Особливості руйнування під дією лазерного імпульсу.
13. Кінетика процесу руйнування.
14. Тепловий механізм руйнування.
15. Квазістаціонарне руйнування.
16. Феноменологічна модель руйнування.
17. Етапи взаємодії лазерного випромінювання з речовиною.
18. Загальні характеристики процесів лазерної різки матеріалів.
19. ГЛР з використанням кисню.
20. Закономірності лазерної різки безперервним випроміненням.
21. Закономірності лазерної різки імпульсно-періодичним випроміненням.
22. Загальні характеристики ГЛР різних металів.
23. Загальні характеристики лазерного різання неметалів.
24. ГЛР вуглецевих сталей.
25. ГЛР нержавіючих сталей.
26. ГЛР титану
27. ГЛР алюмінію.
28. Параметри обробки, що впливають на розмірні характеристики різки.
29. Вплив газодинамічних параметрів.
30. Вплив енергетичних параметрів.
31. Вплив оптичних параметрів.

Приблизний перелік запитань для модульної контрольної роботи

Модульна контрольна робота, частина 1 (до Розділів 1 – 3)

1. Опишіть та поясніть поведінку температури при стаціонарному лазерному нагріванні.
2. Опишіть та поясніть характерні форми ванни розплаву при плавленні металу імпульсним та безперервним лазерним випроміненням.
3. Що таке критична швидкість лазерного зварювання. Що відбувається при її перевищенні.
4. Поясніть механізм, причини та наслідки "глибокого проплавлення".
5. Поясніть вплив пічкової структури лазерного імпульсу на процес руйнування.
6. Що таке квазістаціонарний режим руйнування.
7. Від чого залежить швидкість руху границі руйнування при дії лазерного імпульсу.

8. Коли досягається оптимальний режим лазерного випаровування.
9. Як виглядає постановка задачі у тепловій моделі руйнування.
10. Як виглядає постановка задачі у феноменологічній моделі руйнування.
11. Що таке час запізнення в тепловій моделі.
12. В чому полягає механізми руйнування в феноменологічній моделі.
13. Якими фізичними процесами визначається перенесення теплової енергії у твердому тілі за нормальних температур.
14. Яке основне завдання теорії теплопровідності.
15. Чим відрізняється лазерне нагрівання за своєю фізичною сутністю від інших видів нагріву.
16. Назвіть характерні риси лазерного нагрівання
17. Яке температурне поле називається стаціонарним.
18. Між якими величинами встановлює зв'язок рівняння теплопровідності.
19. Що характеризують коефіцієнти теплоємності, теплопровідності та температуропровідності.
20. Що входить до крайових умов конкретного завдання теплопровідності.
21. У чому суть механічного механізму низькотемпературного руйнування крихких матеріалів.
22. Чому при терморозколюванні скла руйнація відбувається із запізненням.
23. Який зв'язок між максимальною величиною залишкової напруги та часом опромінення.
24. Що є метою розв'язання задачі Стефана для чистих металів.
25. Коли швидкість випаровування за стаціонарної температури випаровування досягає свого максимального значення.
26. Що викликає перебудову кристалічної ґратки при фазових переходах в твердому тілі.
27. Що таке твердий розчин проникнення вуглецю в γ – залізі.
28. Які є дифузійні та бездифузійні процеси при термічній обробці сталей.
29. В чому полягає основна відмінність мартенситу від перліта, чим пояснюється висока твердість мартенсита.

Модульна контрольна робота, частина 2 (до Розділів 4 – 5)

1. Який основний механізм руйнування при ГЛР.
2. Який основний механізм руйнування при ГЛР імпульсно-періодичному різанні
3. Що таке режими керованого та не керованого різання при ГЛР.
4. Що таке фізичний та хімічний механізми різання при ГЛР.
5. Які гази і за яких умов використовуються під час ГЛР сталей.
6. Які схеми подачі випромінювання при ГЛР існують.
7. В чому полягають стаціонарний та нестаціонарний режими руйнування під час ГЛР.
8. В чому полягає перехідний період при ГЛР.
9. Коли при ГЛР мають місце періодичне та безперервне руйнування.
10. Від чого залежить розмір елементарного отвору при імпульсно-періодичному різанні.
11. Поясніть структуру бічної зони при ГЛР металів.
12. Поясніть вплив багатомодового до одномодового випромінювання на процес ГЛР.
13. Що при ГЛР є нижньою межею швидкості та верхньою межею швидкості.
14. Яким чином при ГЛР доцільно збільшувати густину потужності.
15. Чому при ГЛР зменшення діаметру фокусування не є завжди доцільним.
16. Яка величина розфокусування є оптимальною при ГЛР звичайних сталей.
17. Як впливає розташування векторів швидкості ГЛР та поляризації на результати обробки.

18. Що є нижньою межею тиску технологічного газу при ГЛР низьковуглецевих сталей.
19. Що є верхньою межею тиску технологічного газу при ГЛР низьковуглецевих сталей.

Розрахунково-графічна робота, приклади завдань

1. Для заданих матеріалу і параметрів опромінювання знайти критичну густину потужності по плавленню; критичну густину потужності по випаровуванню; часи нагрівання до критичних температур.
2. Для заданих матеріалу і параметрів опромінювання знайти параметри руйнування в рамках теплової моделі. Побудувати залежність швидкості границі руйнування від температури.
3. Для заданих матеріалу і параметрів опромінювання знайти параметри руйнування в рамках феноменологічної моделі. Порівняти результати з різними варіантами урахування теплових витрат.
4. Для заданих матеріалу і параметрів опромінювання знайти параметри ГЛР для низьких і високих швидкостей та порівняти їх.
5. Для заданих матеріалу і параметрів опромінювання знайти параметри імпульсно-періодичного різання за оптимальних умов; за умов максимальної продуктивності; за умов максимальної якості.